

# 自動コーティング・マシンの開発研究

伊藤信孝・立岩博之

三重大学生物資源学部生物生産機械学

Development of the Fully Automated Coating Machine

Nobutaka ITO and Hiroyuki TATEIWA

\*Department of Bioproduction and Machinery, Faculty of Bioresources, Mie University

## Abstract

Direct sowing by use of coated rice has been gradually accepted in recent 20 years. Coating is the necessary key process to promote and improve the germination and sprouting percentage for the coated seed when sowed into the soil. In this paper, the development of the automated coating machine and its functional concept were introduced. The purpose of this study is to automate the process of coating the chemicals uniformly around the rice seed and to improve the working environment under the uncomfortable condition due to the splattering of the fine powder of calcium peroxide.

## はじめに

1970年代半ばからコーティング剤を用いた石川農業短期大学の三石, 中村らによって大々的に提案された湛水土中直播栽培技術が, 移植栽培にとって代わる有望な省力・省エネ, 低コスト生産技術とし脚光を浴びてから久しい。本研究は新しく提案された湛水土中直播栽培技術が従来の表面直播の有する主要な問題をことごとく解決しているため, 早い機会に広く普及する技術との予測にたち, 早い時点で航空播種(ラジコンヘリによるものも含む)等を念頭におき, コーティング作業に於ける諸問題を解決し, 作業者の熟練度に依存しない均一なコーティング種子の製造を可能にする自動コーティング・マ

シンの開発に関するものである。本研究は, 1986年度に共著者の1人である立岩が卒業論文として基本的にとりまとめたものである。湛水土中直播栽培技術を基本にした各種の直播栽培技術(たとえば乾田直播, 不耕起+直播など)が, 稲の低コスト生産技術として, やっとその有効性を認識されつつあるため, あらためて基本的資料を提示すると共に, 今後の展望をも含めた直播栽培の将来的可能性についても触れる。

## 1. 緒言

低迷する稲作農業は技術的と言うよりはむしろ行政的な面で問題があり, 新食糧法の制定により「作る自由, 売る自由」が保証されるようになったが, 未だに継続して実施されている生産調整策がかえって稲作農業の将来を不明確にしている。

言うまでもなく現在稲作は移植栽培を基本としているが, そのよって立つところは移植栽培が安定した収量を約束し, 除草においても直播より優位であることである。従来の表面直播には主として3つの問題があった。すなわち1) 鳥害, 2) 倒伏, 3) 除草, がそれである。しかし土中直播により, 1), 2)の問題は解決され, 3)は効果的な除草剤の開発がそれを可能にした。しかし一方で土中播種がゆえに, 酸素不足による発芽・苗立ちの低さが指摘された。その解決法としてカルパー・コーティング剤( $\text{CaO}_2$ )が用いられるようになった。この粉材料の利用により発芽・出芽率は飛躍的に向上したが, 一部の地域では出芽後のカモの害に悩ま

される事も少なくない。しかしこれについては直播栽培による稲の作付け面積の増加によって自ずと解決されるものと思われる。すなわち作付け面積の増大がカモの集中的な被害を分散させるからである。

現在稲作における全国的な直播栽培面積は8800～9000ヘクタールで、その6割が岡山県に集中している。いうまでもなく寒冷地より温暖な地域での導入の方が技術的には容易であることもその理由の一つであるが、最近では北海道においてもその導入・普及の可能性を探る新しい技術も見られる。この数値は未だ稲作全体の1%にも満たないが機運的に、省力・低コスト生産を目指した技術の可能性の一つとして近年話題になることが多く、学会での関連の発表件数が多くなっていることも注目を浴びつつある証でもあろう。

平成9年度の三重県との共同研究「21世紀の三重県農林水産業の新展開を目指して」を通じて実施した「直播栽培現地検討会」において、現地に見る熱心な農家のラジコン・ヘリコプターによる導入の試みなど、直播栽培を巡る話題は着実に多くなって来つつある。

一方、わが国の農家構成は第1種、第2種を含む兼業農家が全体の85%を占め、専業農家はわずかに15%にとどまる。兼業・専業を問わず低コスト生産技術が魅力的な技術であることは言うには及ばない。しかしそれが安定した収量を保証するだけの信頼性に耐えるものでないと導入・普及はむづかしい。既述しているように直播栽培では発芽・苗立ちが安定せず、栽培管理においても個人差があるものの、収量的にオール・オア・ナッシングを経験する農家も少なくない。技術の不安定さが指摘される所以でもある。しかしいずれかの時点で直播栽培が農家に受容される技術となるには、それほど時間を要しないと予想される。直播きによる作付けは減反にカウントするなどの同技術の普及・推進に向けた行政的措置がなされなければ、その普及速度は急激に減速される。兼業農家の多くが自ら移植用の育苗をせず、農業協同組合の育苗センターからの稚苗の購入・入手をしている現状

から、栽培法が移植から直播に推移したとしても、コーティング種子の供給を受けたいと願う農家は少なくはない。むしろ均一に、信頼できるコーティング種子を積極的に入手したいと考える農家は増加するとも考えられる。著者が直播栽培導入の実栽培試験を開始した初期の段階(約20年前)においてすら、同様の経験をみた。すなわち植え付け時期になると稚苗を注文する農家数が増え、農協の育苗センターは一時的にその供給能力を超える対応でパニックに陥る。育苗センターの増設など過剰投資にも成りかねない。こうしたことが原因で、直播へのニーズがあらためて認識され、いくつかの村落で直播導入に向けた技術指導的講演発表を依頼された事もある。(結果的にはいくつかの要因で急激な普及を実現する事はできなかったが、その大きな理由の一つが直播栽培技術自身が有する発芽・苗立ちの不安定性であり、さらに農業機械企業の自ら自社製品の売れ行きを危うくする戦略への躊躇がある。また行政的にも補助事業として推進したいが、それを行うには個人や企業の工業所有権が妨げになるなどの要因も無関係ではなかった)。

いずれにしても栽培法が移植から直播にシフトしたとしても信頼できるコーティング種子を求める農家は少なくないと見て間違いなからう。加えて種子コーティングが現在のように土中播種時の酸素補給を目的にした対応のみならず、肥料や除草剤、殺虫剤をも含めた対応になる可能性も否定できないことや、さらに不整形な種子の整形化による播種(撒播)密度の均一化など、コーティングが持つポテンシャルは計り知れない。また一度コーティングを施した種子は、貯蔵方法の如何によらず、時間の経過と共に発芽力は低下し、最終的には種子そのものが死滅し使用不可能になる。このことは、毎年、農家が特定の品種のコーティング種子を必ず必要とすることを意味し、さらには稲の種子にとどまらず野菜の種子への同様の対応も可能性として有望視されることにもなりかねない。こうした可能性が種子コーティングとして新しいビジネスを作り出すことも考えられる。

現在市販の回転ドラム型種子コーティング・マシンは、個人の農家が所有する事を前提としたコンセプトになっているが、ラジコン・ヘリを含む大規模化農家では、大量の、しかも均一にコーティングされた種子が短時間で入手できることが条件となる。市販機では一度にコーティング可能な乾物の量は15kg程度であるため、大規模化に対応するためには、上記したように一度に大量の種子を、均一に、かつ迅速にコーティングできる必要がある。オペレータによる少量の種物の数回にわたるコーティング作業は均一なコーティング種子を必ずしも保証しないことに加えて、オペレータの作業環境はカルパー粉剤の飛散により好ましいものではない。また如何に熟練のあるオペレータでも疲労と好ましくない作業環境では常に均一なコーティング種子を作り出せる保証はない。こうした背景を考えると、自動コーティング・マシンへのニーズは高い。

こうしたコンセプトに基づく全自動コーティング・マシンの具体的な普及をイメージすると次のようになる。すなわち、移植栽培におけるこれまでの育苗センターに代わって種子コーティングセンターがその機能を受け継ぐことになろう。農家は必要な①種子量と②品種を、③何時までに、必要とするかを注文するだけで所定量の、均一にコーティングされた種子がパッケージされて届けられると言うものである。育苗センターと異なり、注文が多くなると苗の不揃いや十分に生育していない苗でも時間的な制約で出荷せざるを得ないなど、品質管理がずさんになるのに比べ、コーティング作業は極めて短時間でその行程を終えることが出来る上に、品質管理も容易に可能である。また既述したように必ずしも農協がそうした種子コーティングセンターを有する必要はない。志を同じにする農家が共同でそうした自動化機械を保有してもよいし、個人の企業がニュー・アグリビジネスとして新事業を展開してもよい。

研究目的と本研究により期待される効果を要約すると次のようになる。すなわち

(1) コーティング作業時の粉衣剤の飛散に伴う作業環境を改善し、

- (2) オペレータの熟練度に依存せず、常に均一なコーティング種子を与えることができる全自動コーティング・マシンの開発を目的とする。また期待される効果として
- (3) 迅速、かつ大量の種子コーティングが可能となり
- (4) 航空播種（無人ヘリを含む）による大規模化直播農法への対応が可能となる。
- (5) コーティングの種々の潜在的可能性からニュー・アグリビジネスを創成することも可能
- (6) 植付け時期へのタイムリーなコーティング種子の供給（適期適作）が可能
- (7) 大幅な省力・作業時間の節約が可能。等が考えられる。

## 2. システムの構成

本研究で用いた実験装置を図1（システム全体図）、図2（カルパー粉剤供給部）に示す。また供試コーティング・マシンの主要な諸元を表1に示す。

表1 供試粉衣機仕様

各部の名称	諸 元
ドラムの直径	850 (mm)
ドラムの傾斜角度	62 (度)
ドラムの回転速度	40 (rpm)

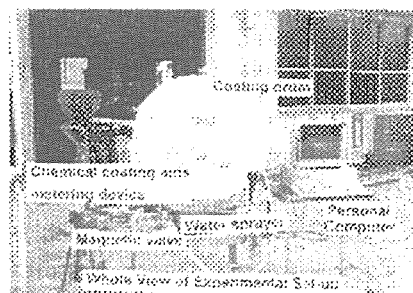


図1 供試試験装置外観

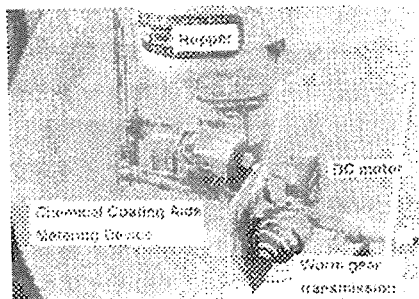


図2 粉剤供給装置

### 1) コーティング装置

市販のコーティング・マシンに準じた回転ドラム型のコーティング・マシンを用い、浸種した後、水を切った種粉をドラム内に入れ、粉剤と水を、ある時間間隔でドラム内の種粉に投与し、コーティングプロセスを遂行するものである。

### 2) 粉剤供給装置

カルパー（過酸化石灰に焼き石膏を混ぜた商品名）粉剤の供給は粉剤の供給において、しばしば問題となるブリッジ（架橋現象）を防止するために、交流モーターの回転速度をウォーム歯車で減速した一体機構のもの（実際には5Vで駆動の自動車用ワイパー駆動装置）を供試した。すなわちカルパー粉剤を入れたホッパーからのカルパー粉剤の繰り出し部の回転速度を時間的にコントロールして所定の量を排出する装置として利用した。この駆動装置を交流モーターをON-OFFする事により制御する機構となっている。なお本研究における使用カルパーは1倍重のものである。

### 3) 噴霧水供給装置

一方、粉剤を種子にコーティングして付着させるための噴霧水の供給は水道からの水を電磁弁にてON-OFFしてその間隔を制御する事により水量を制御する機構となっている。またここでは水道水を用いた。理由は、所定の噴霧を行うのに必要な水圧を確保するためであるが、野外の圃場で適切な水圧水源が得にくい場合は

手動加圧式のスプレーを用い、予め加圧しておいた圧力噴霧水を同様の電磁弁によりON-OFF開閉制御する事によって代えてもよい。この粉剤と噴霧水を供給する時間的間隔、すなわちタイム・インタバル（time interval）をコンピュータ制御することで実現している。ここではコーティング・マシンを駆動するためと、同様にパソコンに必要な電源があることを前提にシステムを構築しているが適切な電源が得られない場合はコーティング・マシンの駆動を手動で、また電磁弁およびモータの駆動電源を車載型バッテリーで代用することも可能である。パソコン用プログラム制御電源は将来的にワン・チップ化するなどの方式で対応ができると考えられる。途上国仕様ではコーティング・マシン駆動用電源が容易に得られないことから手動のものも考案されている。また、電源はないがトラクタの後輪の回転を利用したコーティング法もかつては一部の農家で試された。コーティング作業は必ずしも市販の物を用いる必要はなく、例えば金ダライに種子を入れて適当に回転・攪拌を加えて、間欠的ながら粉剤と噴霧を繰り返す作業でも不可能ではない。しかしこの作業では、本研究が目的とする均一なコーティング、および作業環境の改善は得られない。

カルパー粉剤の繰り出しは、繰り出しロール軸に取り付けた4枚の羽根車の回転によって行われる。繰り出しロール軸は駆動用モータと直結しており、回転速度は15rpmである。繰り出し

表2 電磁弁の仕様

適用流体	蒸気、空気、水、油 (油：粘度20cSt以下)
適用圧力	49～980kPa
最低作業差圧	49kPa
最高温度	180℃
電圧変動許容範囲	定格電圧の±10%以内
弁座洩れ量	100CC/min以下

しロール駆動用モータは交流モータを使用し、その回転変移量はコンピュータからの制御に依った。噴霧水は上水道の蛇口から電磁弁を経由して、噴射ノズルに導き、コンピュータ制御の電

磁弁開閉によって噴霧した。電磁弁はヨシタケ製作所製のDP-7を用いた。その使様を表2に示す。

#### 4) 制御部

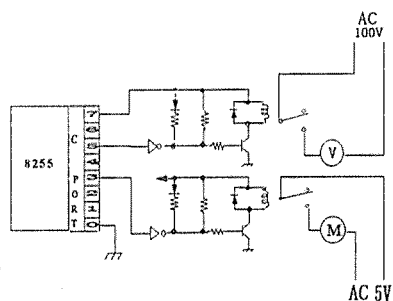


図3 電磁弁の駆動回路

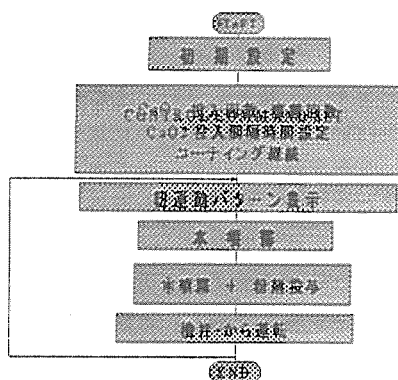


図4 制御プログラム用流れ図

本研究では、パーソナルコンピュータとしてPC-9801VXを使用した。粉剤を供給する繰り出しロール軸を回転制御するための交流モータと、水の噴霧を制御するための電磁弁の駆動回路を図3に示す。図3の一部はリレーを使ってAC5V用の交流モータをON-OFF制御する回路である。これはベースに5Vを加えると、トランジスタがON状態になるので、リレーは動作して接点が作動し、モータは動き出す。図3の残りの部分は同様にリレーを使ってAC100V用の電磁弁をON-OFF制御する回路である。

#### 5) 制御プログラム

制御プログラムはBASIC言語で作成した。図4にプログラムのフロー・チャートを示す。また巻末に制御プログラムを付録として示した。

このプログラムは初期設定を行った後、コントロール・ワード（入力データ）をセットする。そして粉剤の投入回数、噴霧水の噴霧時間、粉剤の投入時間、コーティングのためのドラムのから回し攪拌時間を入力する。この入力モードを表示した後に、入力モードにしたがって電磁弁が開閉して、水が噴霧され、またモータの駆動により粉剤が投入されるようにした。

#### 4. 自動コーティング作業実験

本実験では、コーティングすべき種々の重量に応じて粉剤と水の投入量、およびその作業モードを変化させることにより得られる最適なコーティング作業パターンを模索・決定し、その評価としてコーティング種子の重量・形状（長軸、短軸、粒厚）を測定し、所定の量のカルパー粉剤が付着しているかどうかを検討し、コーティングの良否の評価基準とした。コーティング・マシンのドラムの直径、傾斜角度、回転速度、および粉剤と水の投入位置は変化させず、作業モードとできあがったコーティング種子の良否との関係に主眼をおいた。

#### 1) 実験方法

本コーティング作業の自動化実験は以下の手順で行った。

1. 実験装置をセットする。
2. 浸せきした種粉5kgを脱水槽に入れ、脱水する。
3. カルパー粉剤供給装置のホッパーにカルパー粉剤5kgを入れる。
4. 脱水した種粉5kgをコーティング・マシンに入れる。
5. コンピュータに粉剤投入回数、水の噴霧時間、粉剤の投入時間、攪拌・から回し時間などの設定量を入力する。
6. コーティング機の電源を入れ、プログラムをRUNする。

7. プログラムが修了すると同時にコーティング・マシンの電源を切る。

8. できあがったコーティング種子を取り出す。

本実験では均一で良好なコーティング種子を得るための最適な作業パターンを探索するのが目的であり、機械の電源の投入及びその切断などは手動に依ったが、最終的な自動化コーティング機の開発においては、これらの動作も自動化することは言うまでもない。

本実験に於けるタイム・チャートを図5に、実験パターンを表3に、作業モードを表4に示す。

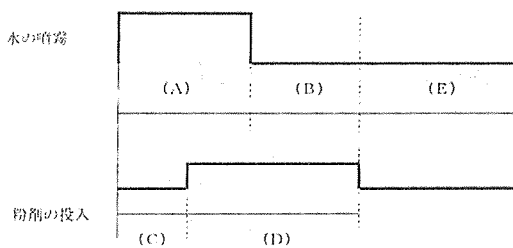


図5 水の噴霧，粉剤の投入のタイム・チャート

ただし図5において

- (A) 水の噴霧時間 (sec)
- (B) 水の噴霧停止時間 (sec)
- (C) 粉剤投入停止時間 (sec)
- (D) 粉剤投入時間 (sec)
- (E) 攪拌・から回し運転時間 (sec)

である。

表3 実験パターン

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
①	20(sec)	46(sec)	10(sec)	56(sec)	274(sec)
②	30	36	10	56	274
③	40	26	10	56	274
④	20	24	10	34	165
⑤	30	14	10	34	165
⑥	40	4	10	34	165
⑦	20	46	10	56	137
⑧	30	36	10	56	137
⑨	40	26	10	56	137
⑩	20	24	10	34	83
⑪	30	14	10	34	83
⑫	40	4	10	34	83

ただし上表で ①～③, ⑦～⑨: この1サイクルを3回繰り返す。

④～⑥, ⑩～⑫: この1サイクルを5回繰り返す。

表4 コーティング作業モード

	水の噴霧量 (g)	コーティング作業完了時間
①	133.3×3=399.9	17 (分)
②	200.0×3=600.0	17 (分)
③	266.7×3=800.1	17 (分)
④	133.3×5=666.5	17 (分)
⑤	200.0×5=1000.0	17 (分)
⑥	266.7×5=1333.5	17 (分)
⑦	133.3×3=399.9	10 (分)
⑧	200.0×3=600.0	10 (分)
⑨	266.7×3=800.1	10 (分)
⑩	133.3×5=666.5	10 (分)
⑪	200.0×5=1000.0	10 (分)
⑫	266.7×5=1333.5	10 (分)

## 2) コーティング種子の良否判定

次の手順でコーティング種子の良否を判定した。(1)コーティング前の乾粉200粒の重量を電子天秤で計量する。また乾粉20粒の大きさ形状(長軸, 短軸, 粒厚)をノギスで計測し, 平均値を求める。(2)各実験の作業パターン毎にコーティング後のコーティング種子について(1)の乾粉と同様の作業を行い, (1)の結果と(2)の結果を比較・検討する。(3)各実験作業パターンごとのコーティング種子について, 発芽試験を行う。種子は土中10mmに埋没播種しておく。最も重要なポイントは, 種子コーティングの良否をどのような尺度で評価判定するかである。本研究では所定のコーティングで使用する乾粉と同重量のカルパーを必要とする事に注目し, コーティング後の種子の重量が乾粉時の2倍になっているか, またうまくコーティングされた種子の代表的形状が実験で得られたものとの程度近似的な形状を有しているか, を評価基準にした。この方法は研究段階では必要かつ適切な方法と言えるが, 実際の自動コーティング・マシンの開発となると確実な評価基準を必要とする。すなわち, 対象とする乾粉の量が任意に変化しても, 常に均一な, かつ発芽率の低下しない所定のコーティングがなされているかどうかを判断する基準が要る。工業分野では最も理想的・代表的な例をメモリーさせておき, できあがったものと画像処理を用いて比較し, その相違点がある許容範囲内にある場合を「良」, そうでない場合を

「否 (不良)」とするシステムを組み込んだ物もあるが、コスト的な観点からこれとは異なる方法が望まれる。

最近の研究では、4種類の作業モードが設定できる同種の自動コーティング・マシンが開発されつつある。その研究ではコーティングの対象となる乾粉の量を4種類とし、その範囲に限って理想的な作業モードを設定し、常にその作業モードに沿った形で得られたコーティング種子が常に一定の均一なコーティング種子を与える事を確認する方式を採用している。均一で良好なコーティング種子を得るための作業パターンは噴霧水と粉剤供給の組み合わせから際限なくあることが予想されるが、必ずしもそのすべてを確認する必要はない。再現性がある安定して均一なコーティング種子が得られる作業パターンであれば十分である。将来的には兼業農家の多くが直播栽培の普及と共に均一なコーティング種子の迅速な供給を要望するであろうから、できればそうした顧客ニーズに答えるべく、農家の要望する種粉量に応じた作業パターンが任意に設定できると好都合である。あるいは頻繁に要望される標準的な種子量を設定しそれに応じた作業モードをプログラムで実現して用意しておく上記の対応でも最終的には良いと判断される。

## 5. 実感結果および考察

1) 粉剤の投入回数3回、コーティング作業完了時間17分の作業パターンの場合

コーティング剤付着の度合いについて、次のように考える。すなわちコーティング剤の付着の度合いを次式にて求めることとし、これを付着効率と定義する。

付着効率 (%) =

$$\frac{(\text{カルパーの重量} / \text{乾粉の重量}) \times 100 = (\text{コーティング種子の重量} - \text{乾粉の重量})}{(\text{乾粉の重量}) \times 100}$$

コーティング前の乾粉200粒の重量は5.24 gであったが、水を800.1 g噴霧した③のときには5.22 gとなり、コーティング剤の付着効果は75.9%を示し、この作業モードの中では良

好なコーティングがなされたと言える。

2) コーティング種子の形状について

コーティング前の乾粉20粒の大きさの平均値は

乾粉の長軸の長さ : 7.0mm

乾粉の短軸の長さ : 3.1mm

乾粉の粒厚 : 2.2mm

であった。水を800.1 g噴霧した③のとき、コーティング後の種子20粒の形状の平均値はそれぞれ

乾粉の長軸の長さ : 7.3mm

乾粉の短軸の長さ : 3.9mm

乾粉の粒厚 : 3.2mm

の値を示した。表5は粉剤投入回数3回、作業完了時間17分における実験結果のまとめを示す。

表5 粉剤投入回数3回、作業完了時間17分における実験結果のまとめ

	コーティング種子の形状及び形態						
	長軸 (mm)	短軸 (mm)	粒厚 (mm)	付着率 (%)	含水率 (%)	出芽率 (%)	草丈 (mm)
①	7.1	3.6	2.8	61.0	12.2	75.0	33.9
②	7.2	3.8	3.1	67.9	12.3	54.5	25.4
③	7.3	3.9	3.2	75.9	12.6	58.3	31.1

3) 粉剤投入回数3回、作業完了時間17分の作業モードについて

コーティング種子の状態については粉剤5 kgを3回に分けて投入した本実験の場合、1回あたりの投入量に比べて水の噴霧量が少なかったためにコーティング剤の付着効率もさほど良くなく、コーティング剤の剥離が大きかった。また、噴霧水量が少ないことによりコーティング剤の飛散が激しく、作業効率が上がらなかった原因と思われる。しかし、水の噴霧量の増加に比例してコーティング剤の付着効率および大きさ(形状)は増加した。このことから水の噴霧量を本実験時よりも多くして行えば、よりコーティング剤の付着効率は改善されるものと思われる。

#### 4) 粉剤投入回数5回, 作業完了時間17分の作業モードについて

コーティング剤の付着効率についてであるが, 水を1000.0 g噴霧した⑤のとき, コーティング後の重量は10.4 gとなり, 付着効率は98.4%と最大値を示し, この作業モードの中では良好なコーティングがなされたと評価できる。

コーティング後の種子の形状によるコーティングの良否の評価については, 水を1000.0 g噴霧した⑤のとき, コーティング後の種子20粒の形状の平均値は

乾籾の長軸の長さ : 7.4mm

乾籾の短軸の長さ : 3.9mm

乾籾の粒厚 : 3.2mm

を示した。

表6に粉剤投入回数3回, 作業完了時間17分における実験結果のまとめを示す。

表6 粉剤投入回数3回, 作業完了時間17分における実験結果のまとめ

	コーティング種子の形状及び形態						
	長軸 (mm)	短軸 (mm)	粒厚 (mm)	付着率 (%)	含水率 (%)	出芽率 (%)	草丈 (mm)
①	7.1	3.8	3.0	81.2	12.6	91.6	25.1
②	7.4	3.9	3.2	98.4	14.0	91.6	31.1
③	7.2	3.8	3.1	95.4	13.8	84.6	31.7

#### 5) 粉剤投入回数3回, 作業完了時間17分の作業モードについて

本作業モードに対しては, 噴霧水量を666.5 g, 1000 g, 1333.5 gと3種類に変えて行ったが, いずれも付着効率は80%を越え, コーティング剤飛散についてもさほどでないことから, コーティング作業に適したモードであると思われる。

1回あたりの粉剤の投入量1000 gに対して水を200 g噴霧した⑥の実験パターンのコーティング種子の表面は, 金平糖状の様に凹凸に成っており, 良くしまった状態であった。その上, コーティング剤の付着効率も94.8%と非常に高い値を示した。また出芽率において

も, 水を1000 g噴霧したとき, 高い値を示した。これらのことよりこの作業モードがコーティング作業にも適したものと判断される。

#### 5) 粉剤投入回数3回, 作業完了時間10分の作業モードについて

コーティング剤の付着効率については, 水を800.1 g噴霧した⑨のとき, コーティング後の重量は8.24 gとなり, 付着効率は57.2%の値を示した。

コーティング種子の形状については, 水を800.1 g噴霧した⑨のとき, コーティング後のコーティング種子20粒の形状の平均値は

乾籾の長軸の長さ : 7.1mm

乾籾の短軸の長さ : 3.5mm

乾籾の粒厚 : 3.0mm

を示した。

表7に実験結果のまとめを示す。

表7 粉剤投入回数3回, 作業完了時間10分における実験結果のまとめ

	コーティング種子の形状及び形態						
	長軸 (mm)	短軸 (mm)	粒厚 (mm)	付着率 (%)	含水率 (%)	出芽率 (%)	草丈 (mm)
①	7.0	3.4	2.7	55.7	11.9	50.0	28.8
②	7.0	3.3	3.2	47.3	11.5	76.9	18.4
③	7.1	3.5	3.0	57.2	12.0	80.0	25.2

#### 7) 粉剤投入回数3回, 作業完了時間10分の作業モードについて

熟練作業者が一般に行う作業完了時間よりも, 短い時間でのコーティング作業から得られた種子の良否を観察したが, 作業時間が短いためか, コーティング剤の付着効率は作業完了時間17分のモードの場合に比して低い値を示した。この作業時間は作業完了時間17分の時の攪拌・空回し時間を半分にしたものであるが, この攪拌・空回し時間の行程もコーティング剤の付着に重要な時間であると思われる。



## 8) 粉剤投入回数5回, 作業完了時間10分の作業モードについて

コーティング剤の付着効率については, 水を1000 g噴霧した①のとき, コーティング後の種籾の重量は10.05 gとなり, 付着効率は92.3%で最大値を示し, 良好なコーティングが行われたと判断される。

コーティング種子の形状から見た良否判定については, 水を1000 g噴霧した①のとき, コーティング後の種子20粒についての形状に対する各値の平均値は次のようである。

コーティング種子の長軸の長さ : 7.4mm

コーティング種子の短軸の長さ : 3.8mm

コーティング種子の粒厚 : 3.2mm

であった。

表8に粉剤投入回数5回, 作業完了時間10分における実験結果のまとめを示す。

表8 粉剤投入回数5回, 作業完了時間10分における実験結果のまとめ

	コーティング種子の形状及び形態						
	長軸 (mm)	短軸 (mm)	粒厚 (mm)	付着率 (%)	含水率 (%)	出芽率 (%)	草丈 (mm)
①	7.1	3.7	3.0	78.2	11.9	75.0	19.5
②	7.4	3.8	3.2	92.3	13.1	75.0	33.8
③	7.2	3.8	3.2	90.4	12.7	71.4	30.1

本作業モードにおいても, 作業完了時間を10分に短縮したために, コーティング剤の付着の効率が17分時の場合に比較して若干であるが減少した。この場合も攪拌・空回し時間を短縮した分だけコーティング剤の付着が少なかったと考えられる。

## 6. 実験結果の考察

本研究では市販のコーティング剤を基にしたドラム回転型コーティング・マシーンを試作・供試し, ドラムの直径, 傾斜角度, 回転速度, さらにカルパー粉剤投入位置と噴霧水の噴霧位置を変え, 作業モードを種々変えることにより得られたコーティング種子の良否をコーティング剤の付着効率と形状諸元測定から

評価した。いうまでもなくコーティング剤の付着効率が高い値を示す作業モード, および形状測定諸量の値が大なるほど良好なコーティング作業モードとして評価できる。

乾籾5 kgを用いた実コーティング作業実験の結果次のことが導かれた。

- 1) 粉剤を3回にわたって供給する作業モードより, 5回にわたって供給する作業モードの方が比較的均一なコーティング種子を作り得た。この結果より, コーティング粉剤は一度に多くを投入するのではなく, 小刻みに少量づつ投入した方が均一なコーティング種子を作り得ると判断できる。
- 2) 供給する噴霧水の量は, 乾籾重量の約20%程度が最も粉剤の付着効率が良く, 良好なコーティング種子を得るのに適当であると考えられる。
- 3) 本実験ではコーティング作業中, 回転ドラムの中を運動・移動するコーティング中の種籾をへらを用いて攪拌・分離する作業を必要とした。この作業は本研究の目的の一つである作業者の作業環境の改善を実現するには至らず, 均一なコーティング種子を作るための最適な作業モードの探索に主眼をおいた。しかし最終的に自動コーティング・マシーンの開発においては粉剤の飛散を防止した密閉状態で, かつ攪拌を加える機構を装備する必要がある。

## 7. 技術移転・普及に向けた今後の展望

一つの技術が生産者に受容され, 広く普及するには多くの時間を必要とする。その要因にはいくつかあるが, その技術がただ省力・省エネであると言うだけでは普及に直結しない。学問的に言う再現性, 誰が実施しても平均的な収量を上げることができるその技術に対する安定性 (Reliable stability) が必要である。規模的な要因も有り, 実験室レベルでは成功しても, 実圃場, 特に大区画の圃場で実施するとうまくいかないとか, 配水システム, 地理的・気候的条件などケース・バイ・ケースに対応する必要もある。しかし, 事態は急を要し, 自由化・コメ市場の開放などこれまで聖域であったコメ市場

を21世紀に向けて早晚開放するとの基本的姿勢を考慮すると悠長なことは言っておれない。幸いにして稲作新農政のもとで多額の予算（6年間で6兆100億円）が計上されていることは、迷うことなく稲作農業を足腰の強い形で再建するための新技術開発に投資することである。減反休耕農地を利用しての新技術の開発プロジェクトを組織し、計上した予算をそれに当てることにより、開発技術の移転、普及の時間は大幅に短縮される。また特定の地域に限定することなく、全国的にプロジェクトを展開することによって地域差によるデータの収集も可能となる。減反休耕よりはむしろ生産調整によって出てくる余剰農地を利用しての技術開発、および開発技術の移転・普及のための検証展示圃としての利用がより有効である。

これまで20数年にわたり食糧管理法のもとで生産調整が継続実施され、1994年の末になって米国をはじめとする外圧や、日本の工業製品との輸出入バランスの狭間でコメ市場開放、自由貿易が説かれたからと言って即刻そうした体制を採ることは、これまでの経緯から農業と農民を見放すことにもつながる。むしろ将来的に必要な技術を早急に開発・移転し、普及させることによって生産コストの低減やコメに対する付加価値の高揚を実現し、国際市場の中で競争力を維持していくに十分な状況に達したことを見定めてからコメ市場開放・自由化へと進むのが政府の責任ある姿勢である。こうした背景を受けて、これまでの食糧管理法が廃止になり、代わって新食糧法の制定や「作る自由・売る自由」が保証され、6兆100億円の予算が計上されたのである。

しかし、現状はどうかという農業再建のジュスチャーと掛け声はよかったが稲作を取り巻く情勢は全く変わっていない。相も変わらず国から県、県から市町村レベルへと減反継続から強化への政策が打ち出されつつある。何がための予算なのか、何がための新食糧法制定なのか、目的にそぐわない予算の執行（平成9年度は100億円が減反休耕に協力する農家への補助金に充てられた）がどうして認められるのか、誰もも

疑問に思うところである。

しかし、そうした背景があるにもかかわらずコメに関する研究は徐々に増えつつある。直播関係についても平成10年度の農業機械学会第57回年次大会においても7件の講演発表がある、また同年次大会の総会の場で大谷隆二・横地泰宏両氏の「寒地大規模直播稲作のための播種技術に関する研究」が農業機械学会技術奨励賞の栄誉に輝くなど、省力低コスト生産技術としての可能性が認識されつつある傾向と解するのは早急であろうか。また直播栽培技術から離れてコメの加工・調整技術においても、特に乾燥・貯蔵技術においては常に話題にあがる。さらに広く水田管理ビークルなどを含めるとコメに対する関心は、むしろ多くなっていると認識して間違いない。また自律走行車両にも稲作を対象とした研究が少なくない。このように見てみると稲作、コメに対する関心は上昇機運にあるとも見れる。

上記農業機械学会年次大会に於ける堀尾光宏（生研機構）らによる「水稻種子自動コーティング装置の開発」は著者らの本研究から数えて10年を経てからの研究発表であるが、この経緯を顧みて次のことをあらためて確信した。すなわち

- (1) 稲作において、直播栽培技術が現行の移植栽培に代わる省力・低コスト生産技術として有望な技術であること。
- (2) 直播栽培技術の普及と共に移植栽培に於ける育苗センターに代わって、種子コーティング・センター的な施設が要望され、個人的仕様に加えて信頼できる均一なコーティング種子取得への要望に応えるためにも、自動コーティング・マシーンが要望されること。
- (3) また、現行の直播では条播が多いが、経費・能率の観点から撤播に移行するのが自然と考えられ、最終的には航空播種（ラジコン・実機いずれにもよるヘリコプター播種）による大規模稲作の可能性が追求されることも容易に予想される。こうしたニーズに応えるためにも自動コーティング・マシーンが要望されること。

(4) 現時点を持って結論を出すのはリスクを伴うかも知れないが、稲作の将来展望として決して誤った認識ではなかったことである。

## あ と が き

本研究は冒頭にも記したように共著者である立岩博之が1987年卒業論文としてまとめた研究の一部である。ほぼ10年の経過を見たが、最近農業機械学会でも同種の研究発表がみられ、遅ばせながら直播栽培技術の移転・普及への大きな動きを感じると同時に、当時の構想に基づき目指した方向が間違っていなかったことを確信する次第である。なお立岩博之は現在中央精機㈱(安城市大車町2-2)に勤務中である。直播栽培、特に湛水土中直播栽培が省力・省エネ、低コスト栽培技術としてのみならず、植え付け段階での炭酸ガス排出においても優れていることから、益々の普及と社会的受容が推進されることを願ってやまない。

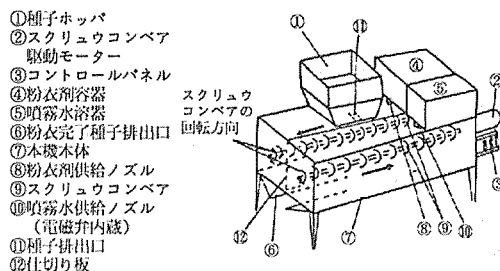
## 付 録 1

本研究が当初開発を目指した自動コーティング・マシンのプロトタイプをここに照会する。現在の回転ドラム型のコーティング・マシンが開発・販売されるまでには幾多の経緯があったが、満足のゆく機能を備えた原案を考案したのは中村(石川県農業技術短期大学)であり、その功績は直播栽培の推進に与えたインパクトと同様に高く評価されて良い。回転ドラムに適当な傾斜角を設け、回転運動によって搬送される種粉がコーティングの過程でドラムの底部との摩擦により上昇し、摩擦力とのバランスが崩れる時点で重力により下降する。上昇・下降の繰り返し運動を通じて、投入されたカルパー粉剤が粉表面に噴霧された水分で潤った表面に粉衣される。特徴は、1) 構造が簡単で扱いやすい、2) 種粉の強制的な搬送がないため種子が受ける損傷が少ない、3) 搬送が比較的容易、などである。

伊藤(筆頭著者)の考案によるコーティング・マシン(公開特許公報S61-142508, 農機新聞

昭和60年4/23刊)は図に示すように回転方向を同じくする2本のスクリュウ軸に、逆位相に配置したスクリュウ羽根の作用で、種粉は搬送容器(箱)内を移動する。しかし箱の隅部(スクリュウ軸端)での種粉の搬送が円滑でなく、滞留し後部からの強制移送による粉により脱ぶされる等の支障が観察された。しかし自動コーティング・マシンとしての機能は現時点でのコンセプトと何ら遜色はない。基本的には顧客のニーズに応じた所要量の種粉に対し、均一なコーティングを施すことが出来る機能を有するもので、カルパー粉剤、噴霧水、攪拌・から運転を交互に繰り返し、最終的にコーティング作業が完了した時点でできあがったコーティング種子を箱の底部を開いて収納する。具体的なコーティングのプロセスは次のようである。

- (1) 顧客からの所定量の品種指定種粉の注文(浸せき粉を用いる場合は別途準備要。また浸せき粉の方が発芽率が高い)
- (2) 注文の種粉と同等又は2倍重のカルパーの計量
- (3) 受注種粉に応じた作業モードの自動選択
- (4) 選択された作業モードによる自動コーティング作業開始
- (5) 所定の量のカルパーを消費したことを確認して作業停止(コーティングが完了したことは別の方法で確認しても良い。例えば画像処理による種粉の評価)
- (6) コーティング・マシンの箱の底板を開いてコーティングされた種子の取り出し・袋詰め(packaging)収納
- (7) 出荷



全自動コーティングマシンの外観図  
(農機新聞, S60.4/23掲載)

## 付録2 自動コーティング・マシーン制御用プログラム (BASIC言語)

```

1000 REM COATING MACHINE
1010 '
1020 '*****
1030 'メインルーチン
1040 GOSUB 1160:' 初期設定へ
1050 GOSUB 1250:' コントロールワードセットへ
1060 GOSUB 1300:' 駆動パターン入力へ
1070 FOR K=1 TO N
1080 GOSUB 1760:' 駆動パターンの表示へ
1090 GOSUB 2120:' 駆動(電磁弁+(電磁弁+モータ)+モータ)へ
1100 GOSUB 2860:' インターバルへ
1110 NEXT K
1120 LOCATE 10, 7+K:PRINT"完了"
1130 PRINT:PRINT"繰り返しますか完了"'YES' OR 'NO' ?"
1140 X$=INKEY$:IF X$="Y" THEN 1050 ELSE IF X$="N" THEN 1150 ELSE 1140
1150 ENDT
1160 '*****
1170 '初期設定
1180 CONSOLE 0,25,1,1:WIDTH 80,25:SCREEN 3,0,0,1:CLS 3
1190 CWR=&HD6:CWD=&H90
1200 PORT.A=&HD0:PORT.B=&HD2:PORT.C=&HD4
1210 PORT=PORT.C
1220 X=5000:A=1E+10
1230 R1=&H1:R2=&H4:R3=&H5:R4=&H0
1240 RETURN
1250 '*****
1260 'コントロールワードセット
1270 OUT CWR.CWD
1280 OUT PORT,R3:RETURN
1290 '*****
1300 '駆動パターン入力
1310 OUT PORT,R3
1320 WD=0:CD=0
1330 CLS 3:COLOR 7:LOCATE 0,0:PRINT "繰り返し回数は 回です"
1340 LOCATE 14,0:COLOR 5:INPUT" ",N:IF N=0 THEN 1330
1350 DEF FNST$(A$)=RIGHT$("0"+RIGHT$(A$,LEN(A$)-1),2)
1360 '
1370 COLOR 7:PRINT:PRINT"水の噴霧時間は"
1380 LOCATE 2,3:INPUT "時間(00-23):",HO:HO$=STR$(HO):HO$=FNST$(HO$)

```

```

1390 LOCATE 23,3:INPUT"分(00-59):",MO:MO$=STR$(MO):MO$=FNST$(HO$)
1400 LOCATE 42,3:INPUT"秒(00-59):",SO:SO$=STR$(SO):SO$=FNST$(SO$)
1410 COLOR 5:PRINT:PRINT USING"水の噴霧時間は&&&&&&です。";HO$;MO$;SO$
1420 '
1430 COLOR 7:PRINT:PRINT"待ち時間は"
1440 LOCATE 2,8:INPUT "時間(00-23):",H1:H1$=STR$(H1):H1$=FNST$(H1$)
1450 LOCATE 23,8:INPUT"分(00-59):",M1:M1$=STR$(M1):M1$=FNST$(M1$)
1460 LOCATE 42,8:INPUT"秒(00-59):",S1:S1$=STR$(S1):S1$=FNST$(S1$)
1470 COLOR 5:PRINT:PRINT USING"待ち時間は&&&&&&です。";H1$;M1$;S1$
1480 '
1490 COLOR 7:PRINT:PRINT"粉剤の投入時間は"
1500 LOCATE 2,13:INPUT"時間(00-23):",H2:H2$=STR$(H2):H2$=FNST$(H2$)
1510 LOCATE 23,13:INPUT "分(00-59):",M2:M2$=STR$(M2):M2$=FNST$(M2$)
1520 LOCATE 42,13:INPUT "秒(00-59):",S2:S2$=STR$(S2):S2$=FNST$(S2$)
1530 COLOR 5:PRINT:PRINT USING"粉剤の投入時間は&&&&&&です。";H2$;M2$;S2$
1540 '
1550 COLOR 7:PRINT:PRINT"待ち時間は"
1560 LOCATE 2,18:INPUT"時間(00-23):",H3:H3$=STR$(H3):H3$=FNST$(H3$)
1570 LOCATE 23,18:INPUT "分(00-59):",M3:M3$=STR$(M3):M3$=FNST$(M3$)
1580 LOCATE 42,18:INPUT "秒(00-59):",S3:S3$=STR$(S3):S3$=FNST$(S3$)
1590 COLOR 5:PRINT:PRINT USING"待ち時間は&&&&&&です。";H3$;M3$;S3$
1600 '
1610 T0=H0*3600+M0*60+S0
1620 T1=H1*3600+M1*60+S1
1630 T2=H2*3600+M2*60+S2
1640 TT=T0-T1
1650 H4=TY¥3600:M4=(TT-H4*3600)¥60:S4=TT MOD 60
1660 H4$=STR$(H4):M4$=STR$(M4):S4$=STR$(S4)
1670 H4$=FNST$(H4$):M4$=FNST$(M4$):S4$=FNST$(S4$)
1680 SS=T1+T2-T0
1690 H5=SS¥3600:M5=(SS-H5*3600)¥60:S5=SS MOD 60
1700 H5$=STR$(H5):M5$=STR$(M5):S5$=STR$(S5)
1710 H5$=FNST$(H5$):M5$=FNST$(M5$):S5$=FNST$(S5$)
1720 '
1730 COLOR 7:PRINT:PRINT"よろしいですか 'YES' OR 'NO' ?"
1740 X$=INKEY$:IF X$="Y" THEN 1750 ELSE IF X$="N" THEN 1310 ELSE 1740
1750 CLS 3:RETURN
1760 '*****
1770 '駆動パターンの表示
1780 LOCATE 1,2:PRINT "ループ回数 水の噴霧量 粉剤の投入量"
1790 LOCATE 1,3:PRINT " "
1800 LOCATE 22,4:PRINT"g":LOCATE 38,4:PRINT "g"

```

```
1810 COLOR 2:LOCATE 42,1:PRINT" "
1820 LOCATE 42,2:PRINT" "
1830 LOCATE 42,3:PRINT" "
1840 LOCATE 42,4:PRINT" "
1850 LOCATE 42,5:PRINT" "
1860 LOCATE 42,6:PRINT" "
1870 LOCATE 42,7:PRINT" "
1880 LOCATE 42,8:PRINT" "
1890 LOCATE 42,9:PRINT" "
1900 LOCATE 42,10:PRINT " "
1910 LOCATE 42,11:PRINT " "
1920 LOCATE 42,12:PRINT " "
1930 LOCATE 42,13:PRINT " "
1940 COLOR 7
1950 LOCATE 43,2:PRINT"水を":LOCATE 59,2:PRINT"噴霧する。水の噴霧開"
1960 COLOR 5:LOCATE 49,2:PRINT USING"&&&&&&";H0$;M0$;S0$:COLOR 7
1970 LOCATE 43,4:PRINT"始":LOCATE 55,4:PRINT"後に、粉剤の投入を開始す"
1980 COLOR 5:LOCATE 45,4:PRINT USING"&&&&&&";H1$;M1$;S1$:COLOR 7
1990 LOCATE 43,6:PRINT"る。この粉剤の投入時間は、":COLOR 5
2000 LOCATE 69,6:PRINT USING"&&&&&&";H2$;M2$;S2$:COLOR 7
2010 LOCATE 43,8:PRINT"です。投入後、":LOCATE 67,8:PRINT "インターバル"
2020 COLOR 5:LOCATE 57,8:PRINT USING"&&&&&&";H3$;M3$;S3$:COLOR 7
2030 LOCATE 43,10:PRINT "時間を置く。この作業モードを 回線":COLOR 5
2040 LOCATE 71,10:PRINT USING "# #";N:COLOR 7
2050 LOCATE 43,12:PRINT "り返す。"
2060 LOCATE 4,3+K:PRINT USING "# # #";K
2070 LOCATE 6,4+K:PRINT SPC(34):CLS 2
2080 LINE(8,88+16*(K-1))-(318,88+16*(K-1))
2090 LOCATE 15,5+K:PRINT USING"# # # # #";WD:LOCATE 22,5+K:PRINT"g"
2100 LOCATE 31,5+K:PRINT USING"# # # # #";CD:LOCATE 38,5+K:PRINT"g"
2110 RETURN
2120 '*****
2130 '駆動（電磁弁＋モータ）＋タ）
2140 '
2150 '駆動（電磁弁）
2160 OUT PORT,R3:TIME$ OFF:TIME$="00:00:00"
2170 FOR I=0 TO 10000000#
2180 IF TIME$="00:00:01" THEN I=10000000#
2190 NEXT I
2200 CWR=&HD6:CWD=&H90
2210 PORT.A=&HD0:PORT.B=&HD2:PORT.C=&HD4
2220 PORT=PORT.C
```

```
2230 OUT CWR,CWD:OUT PORT,R2
2240 LOCATE 12,0:POINT "駆動(電磁弁)"
2250 TIME$ OFF:TIME$ = "00:00:00"
2260 ON TIME$ =H1$ + ":" +M1$ + ":" +S1$ GOSUB *B1
2270 TIME$ ON
2280 FOR I=1 TO A
2290 LOCATE 0,0:POINT TIME$
2300 OUT PORT,R2
2310 NEXT I
2320 OUT PORT,R3
2330 RETURN
2340 '
2350 '駆動(モータ+電磁弁)
2360 *B1:CWR=&HD6:CWD=&H90
2370 PORT.A=&HD0:PORT.B=&HD2:PORT.C=&HD4
2380 PORT=PORT.C
2390 OUT CWR,CWD
2400 OUT PORT,R2:TIME$ OFF
2410 IF H4=0 AND M4=0 AND S4=0 THEN GOSUB *B2
2420 LOCATE 12,0:POINT "駆動(モータ+電磁弁)"
2430 TIME$ = "00:00:00"
2440 IF SS>0 THEN 2470
2450 ON TIME$ =H2$ + ":" +M2$ + ":" +S2$ GOSUB *B2
2460 GOTO 2480
2470 ON TIME$ =H4$ + ":" +M4$ + ":" +S4$ GOSUB *B2
2480 TIME$ =ON
2490 FOR J=1 TO A
2500 LOCATE 0,0:POINT TIME$
2510 OUT PORT,R4
2520 NEXT J
2530 OUT PORT,R3
2540 RETURN 2330
2550 '
2560 '駆動(モータ)
2570 '
2580 *B2:OUT PORT,R3 TIME$ = "00:00:00"
2590 W=499/60*TO:LOCATE 16,3+K:POINT USING"####";W
2600 WD=WD+W
2610 LOCATE 15,5+K:POINT USING"####";WD:LODATE 22,5+K:PRINT "g"
2620 FOR I=0 TO 10000000#
2630 IF TIME$ = "00:00:00" THEN I=10000000#
2640 NEXT I
```

```
2650 CWR=&HD6:CWD=&H90
2660 PORT.A=&HD0:PORT.B=&HD2:PORT.C=&HD4
2670 PORT=PORT.C
2680 OUT CWR,CWD
2690 OUT PORT,R1:TIME$ OFF
2700 IF SS<=0 THEN 2800
2710 TIME$="00:00:00"
2720 LOCATE 12,0:PRINT"駆動 (モータ)"
2730 TIME$ OFF:TIME$="00:00:00"
2740 ON TIME$=H5$+":"+M5$+":"+S5$ GOSUB *B3
2750 TIME$ ON
2760 FOR J=1 TO A
2770 LOCATE 0,0:PRINT TIME$
2780 OUT PORT,R1
2790 NEXT J
2800 OUT PORT,R3
2810 RETURN 2540
2820 '
2830 *3:TIME$ OFF
2840 OUT PORT,R3
2850 RETURN 2810
2860 '*****
2870 'インターバル
2880 '
2890 TIME$ OFF
2900 OUT PORT,R3
2910 IF X<(CD+C) THEN 2960
2920 C=100*T2*3/5/2:LOCATE 32,3+K:POINT USING "####";C
2930 CD=CD+C
2940 LOCATE 31,5+K:PRINT USING"####";CD:LOCATE 38,5+K:PRINT "g"
2950 GOTO 2990
2960 CC=(CD+C)-X:C1=C-CC
2970 LOCATE 32,3+K:PRINT USING"####";C1
2980 LOCATE 31,5+K:PRINT USING"####";X:LOCATE 38,5+K:PRINT"g"
2990 LOCATE 12,0 PRINT"インターバル時間"
2300 TIME$ OFF:TIME$="00:00:00"
2310 FOR I=0 TO 10000000#
2320 LOCATE 0,0 PRINT TIME$
2330 IF TIME$=H3$+":"+M3$+":"+S3$ THEN I=10000000#
3040 NEXT I
3050 OUT PORT,R3
3060 RETURN
```